RÉSOLUTION DES PROBLÈMES

SUR LES

CHRONOMÈTRES

POUR L'EXAMEN

DES CANDIDATS AU GRADE DE CAPITAINE AU LONG-COURS

PAR

EUGÈNE BOITARD ✻

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
ANCIEN PROFESSEUR A L'ÉCOLE NAVALE IMPÉRIALE, PROFESSEUR D'HYDROGRAPHIE DE 1re CLASSE

Extrait des Annales du Génie Civil

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS, DE LA SOCIÉTÉ DES ANCIENS ÉLÈVES DES ÉCOLES D'ARTS ET MÉTIERS, DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'AMIENS, ETC.

15, QUAI MALAQUAIS.

1867

Droits de traduction et de reproduction réservés.

Digitized by Google

NAZIONALE
BIBLIOTECA
AZL
14344
CENTRALE V. E. II
ROMA

AZL 111344

Mon but, dans les quelques pages qui suivent, est de montrer que la solution des problèmes relatifs aux chronomètres n'exige la démonstration ou l'emploi d'aucune formule.

Désireux d'être utile aux marins qui suivent les cours des écoles d'hydrographie, j'ai pris, pour faire des applications numériques, les énoncés des problèmes dans les *Feuilles d'examen pour les calculs nautiques.*

Rouen, le 1er juin 1867.

Eug. BOITARD.

Digitized by Google

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES

SUR LES

CHRONOMÈTRES

POUR L'EXAMEN DES CANDIDATS AU GRADE DE CAPITAINE AU LONG-COURS

Définitions. — Mesure du Temps. Questions élémentaires.

1. *Définitions.* — On appelle MARCHE la différence des espaces parcourus par deux mobiles pendant des intervalles de temps de même durée.

On appelle ÉTAT ABSOLU la distance qui sépare, à un moment donné, deux mobiles se mouvant sur la même ligne.

Si deux mobiles parcourent des espaces égaux dans le même temps, la marche est nulle, l'état absolu est constant.

Si deux mobiles parcourent dans le même temps des espaces inégaux, l'état absolu varie sans cesse d'une quantité égale à la marche.

La marche pendant un intervalle de temps est la différence des deux états absolus au début et à la fin de l'intervalle de temps considéré.

Un mobile a un mouvement uniforme quand il parcourt des espaces égaux en des temps égaux ; quand on considère deux mobiles animés de mouvements uniformes, la marche varie proportionnellement au Temps.

2. *Mesure du temps.* — Si un mobile parcourt une circonférence d'un mouvement uniforme ou décrit des arcs de circonférence égaux pendant des intervalles de temps de même durée, les espaces parcourus sont proportionnels aux durées des intervalles de temps correspondants. On peut donc mesurer le temps en évaluant les espaces parcourus par l'extrémité d'une aiguille qui se meut uniformément sur un cadran gradué.

3. Au lieu d'exprimer en degrés et subdivisions du degré les espaces parcourus par l'extrémité d'une aiguille sur un cadran gradué, on choisit une unité de longueur particulière ; on pose :

$360^\circ = 1$ jour $(1^j) = 24$ heures (24^h).
$15^\circ = 1$ heure (1^h)
$15' = 1$ minute (1^m). . . . . $1^\circ = 4^m$.
$15'' = 1$ seconde (1^s). . . . . $1' = 4^s$.

Digitized by Google

On substitue l'heure au degré tout comme on substitue le mètre et ses divisions décimales à la toise et à ses subdivisions.

4. Les durées des intervalles de temps étant mesurées à l'aide des espaces que parcourent des mobiles, *on peut, dans toutes les questions posées sur les temps, substituer l'idée de parcours à l'idée de durée*, c'est-à-dire des longueurs aux durées des intervalles de temps, et soumettre au calcul les nombres qui représentent ces longueurs.

5. En vertu du mouvement diurne, le pied du cercle de déclinaison d'un astre quelconque parcourt successivement 360° ou 24ʰ de l'Équateur; on peut imaginer un mobile parcourant exactement de la même manière 360° ou 24ʰ d'une circonférence graduée; on peut donc mesurer un temps d'une espèce quelconque à l'aide des espaces parcourus par l'extrémité d'une aiguille se mouvant sur un cadran gradué.

Quel que soit l'astre considéré, *on admet*, dans les calculs relatifs aux problèmes sur les temps, que le mouvement de l'aiguille est uniforme pendant un parcours de 360° ou de 24ʰ. Cette hypothèse est analogue à celle qui consiste à regarder le mouvement en déclinaison du soleil comme proportionnel au temps pendant une durée égale à celle du jour moyen. Par suite, *on admet* que les marches varient proportionnellement aux durées des intervalles de temps auxquels elles correspondent.

6. Le rapport de deux quantités de même espèce est un nombre abstrait; pour calculer ce rapport, il faut exprimer chacune des quantités à l'aide de la même unité.

Le rapport de deux marches se rapportant à des mobiles quelconques est un nombre abstrait; pour calculer ce rapport, il faut exprimer chacune des marches (différence des espaces parcourus pendant la même durée) à l'aide de la même unité de longueur, degré ou heure.

Le rapport de deux durées est un nombre abstrait; pour calculer ce rapport, il faut exprimer chacune des durées à l'aide de la même unité, c'est-à-dire à l'aide des espaces parcourus pendant chacune d'elles par un même mobile, puis exprimer les espaces parcourus à l'aide de la même unité de longueur.

7. Si on considère divers mobiles animés sur un cadran gradué de mouvements différents, on conclut que des espaces parcourus différents correspondent à des intervalles de temps de même durée, et que des espaces parcourus égaux correspondent à des intervalles de temps de durées inégales.

Dans le langage usuel, on appelle intervalle Temps moyen de 24ʰ, la durée du parcours par le soleil moyen d'un arc de 360° ou 24ʰ; on appelle intervalle Temps sidéral de 24ʰ la durée du parcours par une étoile d'un arc de 360° ou 24ʰ; ces durées sont inégales.

8. *Chronomètres.* — Pour préciser et compléter les définitions, comparons les valeurs numériques d'un intervalle de temps compté au chronomètre et d'un intervalle Temps moyen de même durée.

Si la valeur numérique de l'intervalle de temps compté au chronomètre est plus grande que celle de l'intervalle Temps moyen de même durée, on dit :

Le Chronomètre *avance* sur le Temps moyen,
La *marche* du Chronomètre sur le Temps moyen est *positive*,
La *marche* du Temps moyen sur le Chronomètre est *négative*.

Dans le cas contraire, on dit :

Le Chronomètre *retarde* sur le Temps moyen,
La *marche* du Chronomètre sur le Temps moyen est *négative*,
La *marche* du Temps moyen sur le Chronomètre est *positive*.

Pour préciser la marche, il faut de plus indiquer l'une ou l'autre des valeurs numériques de la durée de l'intervalle de temps auquel elle correspond.

La *marche diurne du Chronomètre* est la marche du Chronomètre sur le Temps moyen pendant un intervalle Temps moyen de 24^h.

Dans les problèmes relatifs aux Chronomètres, *on admet* que les marches sont proportionnelles aux durées des intervalles de temps auxquels elles correspondent, et, par suite, *on admet* que la marche diurne du Chronomètre est constante.

9. On peut comparer à un instant quelconque dans un lieu donné l'heure indiquée au Chronomètre et l'heure Temps moyen astronomique; la différence entre ces deux heures simultanées est l'état absolu du Chronomètre sur le Temps moyen du lieu donné à l'instant considéré.

L'état absolu est *positif* quand l'heure au Chronomètre (comptée de 0 à 24) est plus grande que l'heure Temps moyen astronomique, *négatif* dans le cas contraire.

10. A un instant quelconque, les heures t. m. a. de deux lieux dont les longitudes sont différentes ne sont pas égales; leur différence est indiquée par la différence des longitudes. L'heure t. m. a. est plus forte dans le lieu situé à l'est de l'autre.

Si on compare, à un moment donné, l'heure indiquée par un Chronomètre aux heures t. m. a. de deux lieux dont les longitudes diffèrent, on a deux états absolus différents; les différences des heures t. m. a. simultanées et les différences des états absolus ont évidemment même valeur et signes contraires.

Pour représenter le fait, écrivons, en appelant γ le changement en longitude,

$$\text{au même moment} \begin{cases} \text{Premier lieu. .} & h_c = h_m + E, \\ \text{Second lieu. .} & h_c = (h_m + \gamma) + (E - \gamma) = h'_m + E'. \end{cases}$$

11. *Temps sidéral, Temps moyen.*

La *Connaissance des Temps* donne pour chaque jour de l'année l'heure sidérale de Paris quand il est midi moyen à Paris; entre deux midis moyens

Digitized by Google

consécutifs de Paris, l'intervalle Temps moyen écoulé a pour valeur numérique 24^h, l'intervalle Temps sidéral de même durée a pour valeur numérique constante $24^h.03^m.56^s,56$; donc, d'après les définitions,

Le Temps sidéral *avance* toujours sur le Temps moyen,
La *marche* du Temps sidéral sur le Temps moyen est *positive*,
Le Temps moyen *retarde* toujours sur le Temps sidéral,
La *marche* du Temps moyen sur le Temps sidéral est *négative*.

Pendant un intervalle Temps moyen 24^h,
Ou pendant un intervalle Temps sidéral $24^h.03^m.56^s,56$,
La marche du Temps sidéral sur le Temps moyen est $+ 3^m.56^s,56$.
La marche du Temps moyen sur le Temps sidéral est $- 3^m.56^s,56$.

Les marches étant proportionnelles aux durées des intervalles de temps auxquels elles correspondent, on peut trouver la marche x du Temps sidéral sur le Temps moyen pendant un intervalle Temps sidéral de 24^h; il suffit de poser

$$\frac{3^m.56^s,56}{x} = \frac{24^{hm}}{24^{hs}},$$

ou, en exprimant les durées à l'aide du Temps moyen,

$$x = \frac{24^h}{24^h.03^m.56^s56}.\ 3^m.56^s,56 \quad \begin{cases} \text{Colog. } 24^h.03^m.56^s,56 = 5.06230 \\ \text{Log. } 24^h. \ldots\ldots = 4.93651 \\ \text{Log. } 3^m.56^s,56. \ldots = 2.37394 \\ \hline \text{Log. } x. \ldots\ldots\ldots = 2.37275 \\ \qquad x = 3^m.55^s,91. \end{cases}$$

On calcule par logarithmes.

Pendant un int. T. s. 24^h,
ou
Pendant un int. T. m. $\begin{cases} 24^h - 0^h.03^m.55^s,91, \\ \quad 23^h.56^m.04^s,09. \end{cases}$

La marche du T. s. sur le T. m. est $+ 3^m.55^s,91$.
La marche du T. m. sur le T. s. est $- 3^m.55^s,91$.

12. *Connaissant la marche m' du Chronomètre sur le Temps moyen en 24^{hs}, trouver la marche diurne m du Chronomètre.* — La durée du jour moyen étant plus longue que la durée du jour sidéral, la valeur numérique de m est toujours plus grande que celle de m'; d'ailleurs m et m' ont évidemment même signe.

La marche m correspond au parcours $24^{hs}.03^m.56^s,56$.

La marche m' correspond au parcours 24^{hs}.

La différence $(m - m')$ des marches correspond donc à la différence

$3^m.56^s,56$ des parcours, et les marches étant proportionnelles aux Temps, on a l'égalité de rapports

$$\frac{m-m'}{m}=\frac{3^m.56^s,56}{24^h} \text{ ou } m-m'=\frac{m}{24^h}.\ 3^m.56^s,56.$$

La table VI de la *Connaissance des Temps* donne les valeurs de

$$\frac{3^m.56^s,56}{24^h}$$

pour une valeur m.

14. *Temps moyen, Temps vrai.* — La *Connaissance des Temps* donne pour chaque jour de l'année l'heure Temps civil moyen de Paris quand il est midi vrai à Paris; l'intervalle Temps vrai écoulé entre deux midis vrais consécutifs de Paris a pour valeur numérique 24^h, l'intervalle Temps moyen de même durée a une valeur numérique qui varie entre $24^h.00^m.30^s$ et $24^h - 0^h.00^m.30^s$.

La marche du Temps moyen sur le Temps vrai pendant un intervalle Temps vrai de 24^h varie : elle est tantôt positive, tantôt négative ; sa valeur numérique ne dépasse pas 30^s.

Quand on connaît la marche m du Temps moyen sur le Temps vrai en 24^{hv}, on peut chercher la marche x du Temps moyen sur le Temps vrai en 24^{hm}. Il suffit de poser, puisque on admet la proportionnalité des marches aux temps, l'égalité de rapports

$$\frac{x}{m}=\frac{24^{hm}}{24^{hv}}$$

ou, en évaluant les durées à l'aide du Temps moyen,

$$\frac{x}{m}=\frac{24^h}{24^h+m} \text{ d'où } \frac{m-x}{m}=\frac{m}{24^h+m} \text{ ou } m-x=\frac{m^2}{24^h+m}.$$

La valeur numérique de m ne dépassant pas 30^s,

$$m-x < 0^s,0105.$$

On peut donc considérer comme égales les marches du Temps moyeu sur le temps vrai en 24^{hv} ou en 24^{hm}.

Pour $m = 1^m.05^s$, on aurait $m - x < 0^s,05$.

14. *Marches des Chronomètres.* — Quand la marche diurne d'un Chronomètre ne dépasse pas 30^s, on peut, d'après ce qui précède, lui substituer ou la marche du Chronomètre sur le Temps moyen en 24^{hv}, ou la marche du Chronomètre sur le Temps moyeu en 24^{hc}; la différence est $0^s,0105$.

Quand la marche diurne du Chronomètre est moindre que $1^m.05^s$, la différence n'atteint pas $0^s,05$.

Les Chronomètres sont des instruments de précision dont les marches diurnes sont très-faibles.

Digitized by Google

Quand les énoncés des problèmes comportent une grande valeur de la marche diurne du Chronomètre, on a recours à la proportionnalité des marches aux Temps.

15. *Combinaison des marches relatives à des Temps d'espèces diverses.* — Trois mobiles, animés de mouvements différents, se meuvent sur un cadran gradué; ils sont partis ensemble d'un même point. Au bout d'un certain temps, on considère leurs positions A, B, C; de deux des distances AB, AC, on peut conclure la troisième distance BC quand on connaît l'ordre dans lequel sont placés les mobiles. Les trois distances AB, AC, BC représentent les marches des mobiles pendant l'intervalle de Temps considéré.

Il est donc facile de trouver, par exemple, la marche du Chronomètre sur le Temps moyen quand on connaît la marche du Chronomètre sur le Temps vrai et la marche du Temps vrai sur le Temps moyen pendant des intervalles de Temps de même durée; les signes des marches indiquent l'ordre dans lequel sont placés les mobiles.

Si pendant un intervalle de temps de 24^{hr} on a

Marche du Chronomètre sur le Temps vrai.	$+ 15^s,8$
Marche du Temps vrai sur le Temps moyen.	$- 8^s,6$
On conclut : marche du Chron. sur le Temps moyen. . .	$+ 7^s,2$

16. *Résolution des problèmes relatifs aux Chronomètres.* — Les définitions de la marche et de l'état absolu, l'hypothèse de la proportionnalité des marches aux durées des intervalles de temps auxquels elles correspondent, tels sont les éléments nécessaires et suffisants pour résoudre tous les problèmes relatifs aux chronomètres.

Dans le cas où l'énoncé du problème concerne deux lieux différents, on ramène, à l'aide de la différence des longitudes, les données du problème pour le premier lieu à ce qu'elles seraient dans le second lieu au même moment.

BIBLIOTECA NAZ. ROMA VITTORIO EMANUELE

APPLICATIONS NUMÉRIQUES.

I. *Deux observations faites dans le même lieu donnent :*

1° Janv. 30j.19h.28m.36s,23 T. m..... E. abs. du Chr..... + 1h.31m.54s,69
2° Fév. 6j.20h.54m.49s,66 T. m..... E. abs. du Chr..... + 1h.32m.52s,84

Trouver la marche diurne du chronomètre.

La différence des états absolus donne la marche pendant l'intervalle Temps moyen.

1° Époque.... Janv. 30j.19h.28m.36s,23..... E.... + 1h.31m.54s,69
2e Époque.... Fév. 6 20 54 49 66..... E'.... + 1 32 52 84

Interv. T. m..... 7j. 1h.26m.13s,43..... Marche.. + .. 58s,15

Pour la commodité du calcul, on divise l'intervalle Temps moyen et la marche par le nombre des jours, par 7.

Interv. T. m..... 24h.12m.19s 06 ..... Marche.. + ...8s,31

La proportionnalité des marches aux Temps donne l'égalité de rapports :

$$\frac{8^s,31}{24^h.12^m.19^s,06} = \frac{\text{Marche diurne}}{24^h}.$$

Colog. 24h.12m.19s,1 = 5.05979
Log.. 24h. ..... = 4.93651
Log.. 8s,31 ..... = 0.91960

Log. marche diurne = 0,91590

et en calculant par logarithmes, on a..... Marche diurne ..... = + 8s,24

II. *Deux observations faites dans deux lieux différents donnent :*

1° Long. 151°.14'.6 E. Janv. 23j.17h.20m.46s. T. m.... E. abs. Chr. — 0h.54m.48s,9
2° Long. 150°.21'.8 E. Fév. 9 17 54 29. T. m.... E. abs. Chr. — 0h.57m.44s,3

Trouver la marche diurne du Chronomètre.

On ramène d'abord les données du premier lieu à ce qu'elles seraient au même moment dans le second lieu :

Heure T. m. 1er lieu..... Janv. 23j.17h.20m.46s..... E..... — 0h.54m.48s,9
Changement en long. 52'.8 O..... — 3 31 2... ..... + 3 31 2

1re Heure T. m. 2e lieu... Janv. 23j.17h.17m.14s,8... E..... — 0h.51m.17s,7
2e Heure T. m. 2e lieu... Fév. 9 17 54 29..... E'..... — 0 57 44 3

Intervalle T. m..... 17j. 0h.37m.14s,2... Marche. — 0h.06m.26s,6
Intervalle T. m. (1/17) ..... 24h.02m.07s,9... Marche (1/17) — 8s,62

Digitized by Google

En calculant par logarithmes :

$$\frac{8^s,62}{24^h.02^m.07^s,9} = \frac{\text{Marche diurne}}{24^h}.$$

Colog. $24^h.02^m,07^s,9$	$= 5.06284$	on a : marche diurne $= -8^s,61$
Log. 24^h.....	$= 4.93651$	
Log. $8^s,62$	$= 0.93551$	
Log. marche diurne.	$= 0.93486$	

III. *On a eu pour deux passages du centre du soleil au méridien d'un lieu situé par une longitude de 97°.30'. E. :*

1° Mars 19j..... *Heure au Chronomètre*, $3^h.26^m.32^s,42$.
2° Mars 25j..... *Heure au Chronomètre*, $3^h.26^m.46^s,06$.

Trouver la marche diurne du Chronomètre.

On calcule les heures Temps civil moyen correspondantes à chacun des midis vrais, puis, en se rappelant la définition de la marche, on a ;

19 mars 0^h T. v.....	Heure T. m. $0^h.07^m.50^s,97$.....	H. au Chr. $3^h.26^m.32^s,42$
25 mars 0^h T. v.....	Heure T. m. 0 06 01 91.....	H. au Chr. 3 26 46 06
Intervalle T. v. 6j...	Marche T.v. sur T.m. $+1^m.49^s,06$	Mar. Ch. sur T. v. $+13^s,64$
Intervalle T. v. 6j...	Marche Chr. sur T. v. + 13 64	
Intervalle T. v. 6j...	Marche Chr. sur T.m. $+2^m.02^s,70$	
Intervalle T. v. 1j...	Marche Chr. sur T.m. + $20^s,45$	

Les marches du Chronomètre sur le temps moyen en 24^{hv} ou en 24^{hm} peuvent être considérées comme égales, donc :

Marche diurne..... $+ 20^s,45$.

Le calcul est fait pour l'année 1868.

IV. *On a observé deux passages d'Aldébaran à un même point du ciel :*

1° 16 décembre..... *Heure au Chronomètre*, $5^h.36^m.12^s,46$.
2° 20 décembre..... *Heure au Chronomètre*, $5^h.24^m.47^s,34$.

Trouver la marche diurne du Chronomètre.

On conclut de l'énoncé, à l'aide de la définition de la marche,

Intervalle Temps sidéral 4j.....	Marche du Chr. sur T. sid...	$-11^m.25^s,12$
Intervalle Temps sidéral 1j.....	Marche du Chr. sur T. sid...	$-$ 2 51 28
	Marche du T. sid. sur T. m....	+ 3 55 91
	Marche du Chr. sur T. m....	$+1^m.04^s,63$
	Conn. des Temps, Tab. VI Correct. toujours de même signe que la marche du Chr. sur T. m. en $1^{j.s.}$..	1^m.. + 0,164 5^s... + 0,014
Marche diurne du Chronomètre.....		$+1^m.04^s,81$.

V. *Par deux comparaisons d'un Chronomètre à une pendule dont la marche diurne est* — 30s,46, *on a obtenu :*

1° 10 janvier....	H. à la pend...	9h.43m.54s,4...	H. au Chr...	7h.39m.22s,8
2° 20 janvier....	H. à la pend...	16 32 28 6...	H. au Chr...	14 30 17 4

Trouver la marche diurne du Chronomètre.

Intervalles de même durée	Pend. 10j.6h.48m.34s,2		
	Chr.. 10 6 50 54 6		
Marche du Chr. sur pendule.....	+	2m.20s,4	en 10j.p.6h.48m.34s,2
— —	+	14s,04	en 24h.p.40m.51s,42

L'hypothèse de la proportionnalité des marches aux temps donne :

$$\frac{14^s,04}{24^{h.p.}40^m.51^s,42} = \frac{\text{Marche en } 1^{j.p.}}{24^h},$$

et on calcule par logarithmes.

Colog. 24h.40m.51s,42 = 5.05134	En 24h.p. ou en 24hm Chr. sur Pend. + 13s,65
Log.. 24h..... = 4.93651	
Log.. 14s,04 ..... = 1.14737	En 24hm..... Pend. sur T.m. — 30s,46
Log.. Marche en 1j.p. = 1.13522	Marche diurne du Chronomètre.... — 16s,81

VI. *Le 31 janvier, dans un lieu de longitude* 7h.49m.07s,31 *Ouest, on a trouvé* + 1h.52m.10s,37 *pour état absolu d'un chronomètre dont la marche diurne est* — 24s,19; *on demande l'heure qu'indiquait le Chronomètre au midi moyen de Paris qui a précédé l'observation.*

1er lieu...	H. T. m... Janv. 31j.21h.58m.19s,26.....	E. abs.	+ 1h.52m.10s,37
	Longitude Ouest + 7 49 07 31.....		— 7 49 07 31
2e lieu....	(Paris)..... Fév. 1j.5h.47m.26s,57.....	E. abs.	— 5h.56m.56s,94
Variation de l'état absolu en	5h.47m.26s,57		
à raison de 24s,19 en 24h.....			+ 5s,84
	Etat absolu à Paris, 1er fév. 0h. T. m.....		— 5h.56m.51s,10
	Heure du chr. le 1er fév... 0h. T. m. de Paris.....		18 03 08 90

La marche diurne du chronomètre étant négative, l'état absolu va en diminuant, donc il était plus grand le 1er février à midi que le 1er février à 5h.

Nota. Les heures simultanées du lieu et de Paris sont :

Heure T. m. du lieu, 31 janv. 21h.58m.19s,26.
Heure T. m. de Paris, 1er fév. 5 47 26 57.

Le midi moyen de Paris *qui a précédé l'observation* est donc celui du 1er février.

VII. *Le 2 juillet, à midi moyen de Paris, un Chronomètre dont la marche diurne est* + 23s,52 *indiquait* 23h.57m.32s,46.

Le 23 juillet de Paris, on lit sur le Chronomètre 4h.38m.52s,28 *et on demande l'heure Temps moyen correspondante de Paris.*

Le 2 juillet 0h T. m. Paris le Chr. marquait.....	23h.57m.32s,46
Le Chron. avance de 23s,52 par jour, soit en 21 jours.....	+ 8 13 92
Le 23 juillet à 0h T. m. Paris le Chron. marque.....	0 05 46 38
Le 23 juillet on lit au Chronomètre.....	4 38 52 28
Intervalle écoulé au Chron. depuis midi moyen.....	4h.33m.05s,90
La marche diurne du Chron. est + 23s,52 ; la marche du Chron. sur le T. m. en 4h.33m.05,9s est + 4s,46 ; les intervalles chron. ont des valeurs numériques plus grandes que les interv. T. m. de même durée, donc, correction de signe contraire à la marche.....	— 4 46
Intervalle T. m. écoulé depuis midi moyen ou Heure T. m. de Paris 23 juillet.....	4h.33m.01s,44

VIII. *Le 4 mai, on comptait à bord* 19h.32m.26s,4 *T. m. quand un Chronomètre, dont la marche diurne est* — 18s,89 *indiquait* 23h.14m.58s,2.

Environ 16 heures après, le navire s'étant déplacé en longitude de 58'.7 *vers l'Ouest, on demande l'heure du bord au moment où le Chronomètre indique* 15h.39m.26s,4.

1er lieu... Heure T. m... Mai 4j.19h.32m.26s,4.....	H. au Chr.	23h.14m.58s.2
Changement en long. O... — 3 54 8		
1re Observ. second lieu... Mai 4j.19h.28m.31s,6 T. m.	H. au Chr.	23h.14m.58s,2
2e Observ. second lieu.....	H. au Chr.	15 39 26 4
Intervalle au chr.....		16h.24m.28s,2
Correct. à raison de 18s,89 en 24 heures (signe contraire à la marche diurne)...		+ 12 9
Intervalle Temps moyen.....		16h.24m.41s,1
Première époque Temps moyen.... Mai. 4j.19 28 31 6		
Époque Temps moyen cherchée.... Mai. 5j.11h.53m.12s,7		

On augmente l'heure au Chronomètre du second lieu d'autant de fois 24 heures que cela est nécessaire pour trouver à peu près l'intervalle indiqué entre les deux observations.

La marche diurne du Chronomètre étant négative, les intervalles Temps moyen ont des valeurs numériques plus grandes que les intervalles chronométriques de même durée.

IX. *Le 7 janvier on comptait à bord* 4h.39m.05s,7 *quand un Chronomètre dont la marche diurne est* + 7s,32 *indiquait* 2h.43m.12s,6.

Le navire s'étant déplacé en longitude de 3°.04'.9 *vers l'Est, on demande l'heure au Chronomètre quand on compte à bord le 9 janvier* 5h.36m.37s,6.

Premier lieu.... Heure T. m. Janvier 7j.	$4^h.39^m.05^s,7$.	H. au Chr. $2^h.43^m.12^s,6$
Changement en long. Est..... +	12 19 6.	
1re Observ., second lieu. H. T. m. Janv. 7j.	$4^h.51^m.25^s,3$.	H. au Chr. $2^h.43^m.12^s,6$
2e Observ., — — Janv. 9	5 36 57 6.	
Intervalle Temps moyen.....	$48^h.45^m.32^s,3$.	
Correction à raison de $7^s,32$ en 24 h. (signe de la marche).....	+ 14 9.	
Intervalle au chronomètre.....	$48^h.45^m.47^s,2$.	
1re Heure au chronomètre.....	2 43 12 6.	
Heure cherchée du Chronomètre.....	$3^h.28^m.59^s,8$.	

X. *Le 3 juin, dans la matinée, on a obtenu, par un calcul d'angle horaire :*

Heure temps vrai $19^h.14^m.32^s,8$..... *Heure au Chr.* $11^h.33^m.28^s,6$.

On veut connaître l'heure du Chronomètre à midi vrai le jour même sachant que le navire aura eu un mouvement en longitude de 24'.3 vers l'Est, et que la marche diurne du Chronomètre est — $19^s,48$.

Premier lieu.... Heure T. v. Juin. 2j.	$19^h.14^m.32^s,8$.	H. au Chr. $11^h.33^m.28^s,6$
Changement en long. Est.... +	1 37,2	
Second lieu. 1re obs. H. T. v. Juin. 2j.	$19^h.16^m.10^s$...	H. au Chr. $11^h.33^m.28^s,6$
Second lieu. 2e obs. H. T. v. Juin. 3j.	0^h.	
Intervalle Temps vrai.....	$4^h.43^m.50^s$.	
Marche du Chr. sur T. m. — $19^s,48$		
Marche du T. v. sur T. m. + 9 62		
Marche du Ch. sur T. v.. — $9^s,86$ Corr.	— $1^s.9$	
Intervalle au Chronomètre.....	$4^h.43^m.48^s,1$	
Heure au Chron. 1re observ.....	11 33 28 6	
Heure au Chron. à midi vrai.....	$16^h.17^m.16^s,7$	

Le calcul est fait pour l'année 1868.

XI. *Dans la journée du 18 mars 1868, il s'est écoulé un int. de temps* $5^h.39^m.11^s,8$ *a un Chronomètre dont la marche diurne est* = $14^s.26$; *on demande l'intervalle de temps correspondant en Temps moyen, en Temps vrai, en Temps sidéral.*

Le Chronomètre retarde sur le Temps moyen, donc un intervalle Temps moyen a une valeur numérique plus grande que l'intervalle au Chronomètre de même durée.

Intervalle au Chron.....	$5^h.39^m.11^s,8$
Correction à raison de $14^s,26$ en 24 heures (signe contr. à la marche)..... +	3 4
Intervalle Temps moyen.....	$5^h.39^m.15^s,2$

Le Chronomètre retarde sur le Temps vrai, car on a :

Marche du Chron. sur T. m...	— 14s,26	Intervalle au Chron.....	5h.39m.11s,8
Marche du T. m. sur T. v.....	— 17 85	Correction à raison de 32s,11 en 24 heures...	+ 7 6
Marche du Chr. sur T. v.....	— 32s,11	Intervalle Temps vrai...	5h.39m.19s,4

Le Chronomètre retarde sur le Temps sidéral, car :

Chr. sur T. m. en 24h.m.....	— 14s,26	Intervalle au Chron.....	5h.39m.11s,8
T. m. sur T. s. en 24h.m...	— 3m.56s,56	Correction à raison de 4m.10s,82 en 24 heures	+ 59 1
Chr. sur T. s. en 24h.m....	— 4m.10s,82	Intervalle T. sidéral.....	5h.40m.10s,9

00402875 4

Paris. — P.-A. Bourdier et Cie, 6, rue des Poitevins
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Digitized by Google